

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 07219211  
PUBLICATION DATE : 18-08-95

APPLICATION DATE : 07-02-94  
APPLICATION NUMBER : 06013280

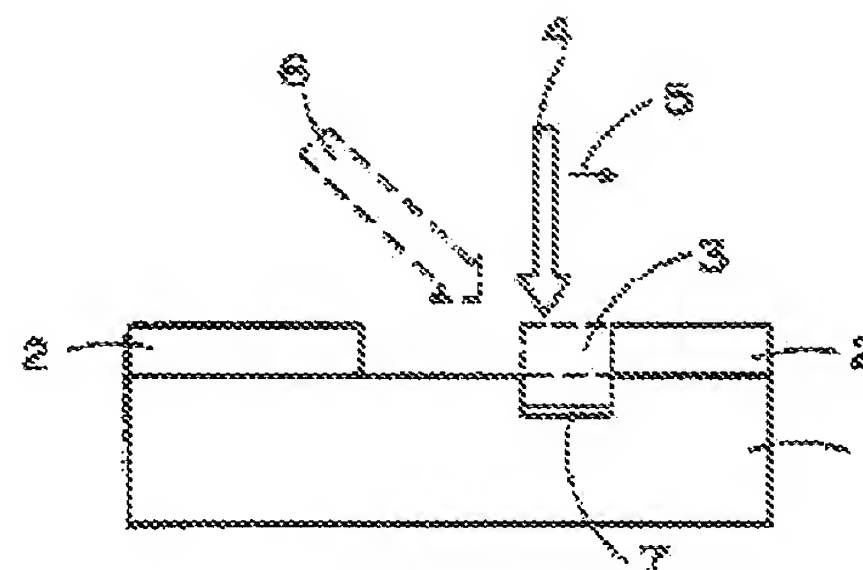
APPLICANT : MITSUBISHI ELECTRIC CORP;

INVENTOR : HOSONO KUNIHIRO;

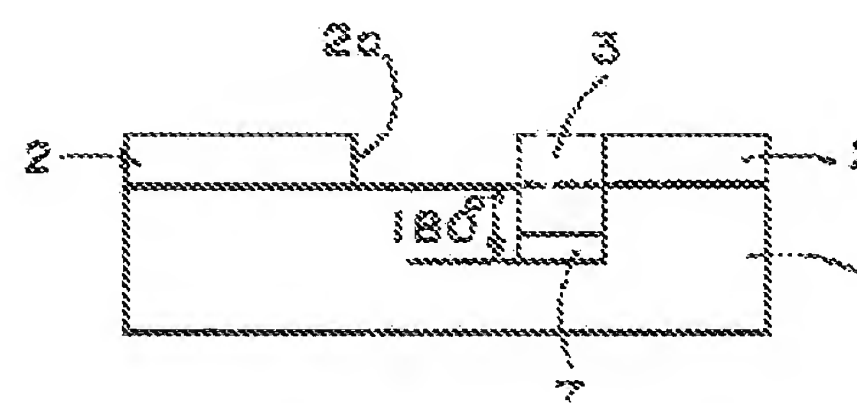
INT.CL. : G03F 1/08 H01L 21/027

TITLE : PATTERN DEFECT CORRECTING  
METHOD FOR PHASE SHIFT MASK

(A)



(B)



ABSTRACT : PURPOSE: To make exact correction by implanting ions by using a convergent ion beam to the pattern defect part of a phase shift mask in such a manner that the phase and transmittance of the light passing this defect part attain the phase and transmittance similar to these of the light passing normal pattern parts.

CONSTITUTION: A substrate 1 exposed under the defect region 3 is etched by irradiating this substrate with the convergent ion beam 4 shown by arrow 4 under scanning as shown by arrow 5. At this time, an ion implanted layer 7 is formed near the extreme surface of the substrate 1 simultaneously with etching. The thickness of the ion implanted layer 7 depends on the energy of the ion beam to be cast and the light transmittance, reflectivity and refractive index of the implanted layer 7 are determined by the quantity of the ions to be implanted. The final quantity of the ion implantation is so determined that the light transmittance of the implanted layer 7 attains the value approximately equal to the light transmittance of an attenuation type phase shift film 2. The etching depth of the substrate 1 is set at odd times of  $\pi$  ( $180^\circ$ ) of the phase difference of the light passing the non-etched region and the etched region.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-219211

(43)公開日 平成7年(1995)8月18日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 1/08	T			
H 0 1 L 21/027	A	7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	5 0 2 W

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平6-13280

(22)出願日 平成6年(1994)2月7日

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 細野 邦博

兵庫県伊丹市瑞原4丁目1番地 三菱電機株式会社ユー・エル・エス・アイ開発研究所内

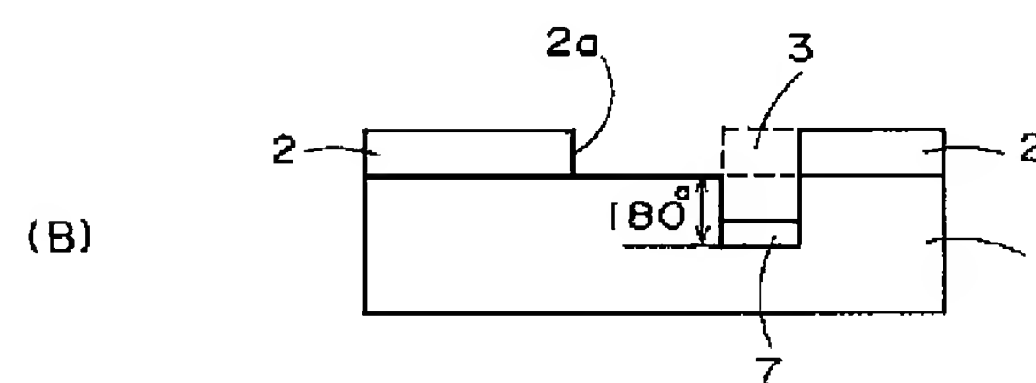
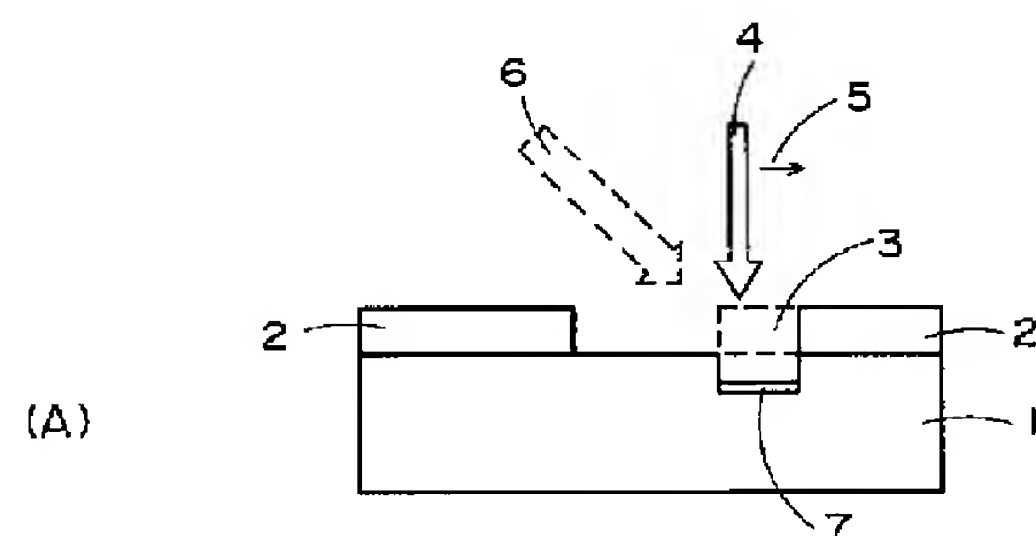
(74)代理人 弁理士 深見 久郎 (外3名)

(54)【発明の名称】 位相シフトマスクのパターン欠陥修正方法

(57)【要約】

【目的】 減衰型位相シフトパターンを有するフォトマスクの欠陥を集束イオンビームを用いて正確に修正し得る方法を提供する。

【構成】 位相シフトパターン(2)の欠陥領域(3)下において透光性基板(1)を集束イオンビーム(4)を利用してエッチングするとともに、エッチング領域下にイオン注入層(7)を形成し、その欠陥領域を通過する光の位相と透過率を修正する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 フォトリソグラフィの解像力を高めるための減衰型位相シフトパターンが透光性基板上に形成されたフォトマスクにおいて前記位相シフトパターンの欠けた欠陥領域を修正する方法であって、  
前記欠陥領域下において前記基板を集束イオンビームを用いてエッチングし、前記エッチングの領域下の前記基板内に集束イオンビームを用いてイオン注入し、  
それによって、前記欠陥領域下の前記基板を通過した光と前記基板の他の領域を通過した光との位相差は、前記位相シフトパターンおよびその下の前記基板を通過した光と前記基板の前記他の領域を通過した光との位相差と同様にされることを特徴とする位相シフトマスクのパターン欠陥修正方法。

【請求項2】 前記エッチングは、集束イオンビームミリングを用いた直接エッチングおよびフッ素系ガスと塩素系ガスの少なくとも1つを用いたガスアシスト集束イオンビームエッチングのいずれかであることを特徴とする請求項1に記載の位相シフトマスクのパターン欠陥修正方法。

【請求項3】 前記欠陥領域下の前記基板を通過した光の透過率は、前記位相シフトパターンおよびその下の前記基板を通過した光の透過率と同様になるように、前記イオン注入によって制御されることを特徴とする請求項1または2に記載の位相シフトマスクのパターン欠陥修正方法。

【請求項4】 前記基板の前記エッチングされた領域内に集束イオンビームを用いて遮光膜を形成し、そのときに、前記遮光膜は前記欠陥領域がないと仮定した場合の前記位相シフトパターンの正しい境界から所定の距離だけ前記欠陥領域の内側に向けて後退させられて形成されることを特徴とする請求項1ないし3のいずれかの項に記載された位相シフトマスクのパターン欠陥修正方法。

【請求項5】 前記遮光膜は、集束イオンビームによる直接デポジションおよび炭化水素系ガスと金属カルボニル系ガスの少なくとも1つを用いたガスアシスト集束イオンビームデポジションのいずれかによって形成されることを特徴とする請求項4に記載の位相シフトマスクのパターン欠陥修正方法。

【請求項6】 フォトリソグラフィの解像力を高めるための減衰型位相シフトパターンが透光性基板上に形成されたフォトマスクにおいて前記位相シフトパターンの欠けた欠陥領域を修正する方法であって、  
前記欠陥領域下において前記基板を集束イオンビームを用いてエッチングし、前記基板の前記エッチングされた領域上に集束イオンビームを用いて薄膜を形成し、  
それによって、前記欠陥領域下の前記薄膜および前記基板を通過した光と前記基板の他の領域を通過した光との位相差は、前記位相シフトパターンおよびその下の前記

基板を通過した光と前記基板の前記他の領域を通過した光との位相差と同様にされることを特徴とする位相シフトマスクのパターン欠陥修正方法。

【請求項7】 前記エッチングは、集束イオンビームミリングを用いた直接エッチングおよびフッ素系ガスと塩素系ガスの少なくとも1つを用いたガスアシスト集束イオンビームエッチングのいずれかであることを特徴とする請求項6に記載の位相シフトマスクのパターン欠陥修正方法。

10 【請求項8】 前記薄膜は、集束イオンビームによる直接デポジションおよび炭化水素系ガスと金属カルボニル系ガスの少なくとも1つを用いたガスアシスト集束イオンビームデポジションのいずれかによって形成されることを特徴とする請求項6または7に記載の位相シフトマスクのパターン欠陥修正方法。

20 【請求項9】 前記薄膜は、前記薄膜およびその下の前記基板を通過した光の透過率が前記位相シフトパターンおよびその下の前記基板を通過した光の透過率と同様になるように形成されることを特徴とする請求項6ないし8のいずれかの項に記載された位相シフトマスクのパターン欠陥修正方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はLSIの製造に用いられる位相シフトマスクの欠陥を修正する方法に関し、特に、減衰型位相シフトパターンの欠陥を高い精度で修正し得る方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 図4において、欠陥を含む減衰型位相シフトマスクの一例が図解されている。図4(A)は位相シフトマスクの上面図を表わし、図4(B)は図4(A)中の線X-Xに沿った断面図を表わしている。

【0003】 図4の位相シフトマスクにおいては、たとえば石英ガラスで形成し得る透光性基板1を含んでいる。透光性基板1上には、たとえば開口2aを含む減衰型位相シフトのパターン2が形成されている。減衰型位相シフト2は、たとえばMo、Crなどの窒化物や酸化物で形成することができる。減衰型位相シフトパターン2は、パターンが欠けた白欠陥3を含んでいる。図面4(A)においては位相シフトパターン2の開口2aの一辺に接した欠陥3が示されているが、開口2aの2以上の辺に接した欠陥や、開口2aから離れて孤立した欠陥も存在し得る。

【0004】 図5において、図4(B)に示されているような位相シフトマスクのパターン欠陥を修正するための従来の方法が図解されている。この従来のパターン欠陥修正方法においては、図5(A)に示されているように、欠陥領域3下の基板1上に、矢印8で表わされているような炭化水素系ガスのデポジションガスとともに矢印4で表わされているようなGa集束イオンビーム(F

I B) を矢印5で表わされているように走査しつつ照射し、遮光膜12を堆積させる。図面5(B)に示されているように形成された遮光膜12は、Gaを含有するカーボン膜として形成される。このカーボン膜12は、欠陥3がないとした場合の位相シフトパターン2の正しい境界に沿ったエッジを有し、部分的に位相シフト膜2上にオーバーラップさせられる。また、このカーボン膜12は、光を遮蔽するように100~300nmの十分な厚さに形成される。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来の減衰型位相シフトマスクのパターン欠陥修正方法は以上のように行なわれているので、欠陥3が位相シフトパターンの開口2aのエッジに接している場合やそのエッジに接近している場合に、カーボン膜12が形成された領域で光が遮蔽され、その部分の位相シフト効果が失われることになる。特に、欠陥の面積が大きい場合や欠陥がパターン開口の2辺以上に接している場合に、それらの欠陥を修正するためにカーボン膜を形成したときに、顕著に位相シフト効果が失われる。

【0006】本発明はこのような課題を解決するためになされたものであり、減衰型位相シフトマスクにおける位相シフトパターンの白欠陥を位相シフト効果を失わしめることなく修正する方法を提供することを目的としている。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の1つの態様によれば、フォトリソグラフィの解像力を高めるための減衰型位相シフトパターンが透光性基板上に形成されたフォトマスクにおいてその位相シフトパターンの欠けた欠陥領域を修正する方法は、欠陥領域下において基板を集束イオンビームを用いてエッチングし、エッチング領域下の基板内に集束イオンビームを用いてイオン注入し、それによって欠陥領域下の基板を透過した光と基板の他の領域を透過した光の位相差は、位相シフトパターンおよびその下の基板を透過した光と基板の前記他の領域を透過した光との位相差と同様にされることを特徴としている。

【0008】本発明のもう1つの態様によれば、フォトリソグラフィの解像力を高めるための減衰型位相シフトパターンが透光性基板上に形成されたフォトマスクにおいてその位相シフトパターンの欠けた欠陥領域を修正する方法は、欠陥領域下において基板を集束イオンビームを用いてエッチングし、基板のエッチングされた領域上に集束イオンビームを用いて薄膜を形成し、それによって、欠陥領域下の薄膜および基板を透過した光と基板の他の領域を透過した光との位相差は、位相シフトパターンおよびその下の基板を透過した光と基板の前記他の領域を透過した光との位相差と同様にされることを特徴としている。

#### 【0009】

【作用】本発明の1つの態様による位相シフトマスクの欠陥修正方法においては、FIBを用いて正確に欠陥領域下の基板をエッチングして基板の厚さを変化させる。したがって、欠陥領域下の基板を透過した光と位相シフトパターンおよびその下の基板を透過した光との間において位相差がなくなり、位相シフトパターンの欠陥が修正されたことになる。また、欠陥領域下のエッチングされた基板内にイオンを注入することによって、欠陥領域下の基板を透過する光の透過率と位相シフトパターンおよびその下の基板を透過する光の透過率が同様にされ、これによって、欠陥領域がさらに精度よく欠陥のない状態と等しくなるように修正される。

【0010】本発明のもう1つの態様による位相シフトマスクの欠陥修正方法においては、欠陥領域下のエッチングされた基板内に注入されたイオンよりもむしろ、欠陥領域下のエッチングされた基板上に形成される薄膜によって光の透過率が主に制御される。

#### 【0011】

【実施例】図1において、図4(B)に示されてるような位相シフトパターン2の欠陥3を修正するための本発明の一実施例による方法が図解されている。図1(A)に示されているように、矢印4で示された集束イオンビーム4を矢印5で示されているように走査しつつ照射し、欠陥領域3下に露出されている基板1をエッチングする。イオンビーム用のイオンとしては、Ga、Siなどのイオンを用いることができる。このとき、エッチングと同時に、そのエッチングされている基板1の最表面近傍にイオン注入層7が形成される。このイオン注入層7は、光の透過率を低下させるように作用する。

【0012】イオン注入層7の厚さは照射するイオンビームのエネルギーに依存し、その注入層7の光透過率、反射率、および屈折率は注入されるイオンの量で決定される。最終的なイオンの注入量は、欠陥修正の完了後においてイオン注入層7の光透過率が減衰型位相シフト膜2の光透過率と同程度となるように決定される。

【0013】なお、エッチングに際しては、破線の矢印6で示されているようにフッ素系ガスや塩素系ガスなどのエッチング増速効果を有するガスをエッチング面上に導入するガスアシスト集束イオンビームエッチングを用いることもできる。この場合、基板1内に注入されるイオンの量が低下するので、イオン注入層7の透過率の減少は小さなものとなる。したがって、エッチングの最終段階においてエッチング増速効果を有するガス6の導入を停止して、集束イオンビーム4による直接エッチングに切換えてイオン注入層7内のイオン量を制御する。そうすることによって、ガスアシスト集束イオンビームエッチングを用いる場合にも、イオン注入層7の光透過率を精度よく制御することができる。

【0014】図1(B)に示されているように、最終的



に基板1をエッチングする深さは、基板1のエッチングされていない領域とエッチングされた領域を通過する光の位相差が $\pi$  ( $180^\circ$ ) の奇数倍になるように設定される。ここでいう光の位相差とは、減衰型位相シフトマスクが用いられるフォトリソグラフィにおける光の位相である。なお、注入層7の厚さが薄い場合には、注入層7による位相シフト効果が無視できるが、注入層7が厚い場合には注入層7と基板1との屈折率の差によって生じる位相シフト効果をも考慮してエッチング深さを設定する必要がある。

【0015】図2において、本発明のもう1つの実施例による位相シフトマスクのパターン欠陥修正方法が図解されている。図2(A)においては、図1(A)の場合と同様に、矢印4で示された集束イオンビームを矢印5で示されているように走査しつつ照射し、欠陥領域3下に露出された基板1をエッチングするとともに、イオン注入層7を形成する。このエッチングの際に、破線の矢印6で示されているようなフッ素系ガスや塩素系ガスなどのエッチング増速効果を有するガスをエッチング領域に導入することによるガスアシスト集束イオンビームエッチングを用いてもよい。

【0016】次に、図2(B)において矢印8で示されているように炭化水素系ガスや金属カルボニル系のガスなどのデポジションガスが基板1のエッチングされた領域上に導入されるとともに、集束イオンビーム4を走査することによって薄膜(FIB-CVD膜)9が形成される。このとき、炭化水素系ガスを用いた場合には、炭素を主成分とする薄膜9が形成され、金属カルボニルガスを用いた場合にはその成分金属を主成分とする薄膜9が形成される。なお、薄膜9は、炭素イオンまたは金属イオンの集束イオンビームを用いて直接成膜することもできる。

【0017】欠陥修正された部分の光透過率は、薄膜9とイオン注入層7の光透過率によって制御される。したがって、欠陥修正部分の光透過率が減衰型位相シフト膜2の光透過率と同程度になるように、イオン注入層7中のイオンの量および薄膜9の厚さが設定される。

【0018】エッチングされる深さは、基板1のエッチングされた領域とエッチングされていない領域を通過する光の位相差が $\pi$  ( $180^\circ$ ) の奇数倍になるように設定される。なお、イオン注入層7および薄膜9の厚さが薄い場合には注入層7と薄膜9による位相シフト効果は無視できるが、注入層7および/または薄膜9が厚い場合には、これらと基板1との屈折率の差によって生じる位相シフト効果をも考慮してエッチング深さを設定する必要がある。

【0019】図3において、本発明のさらにもう1つの実施例による位相シフトマスクのパターン欠陥修正方法が図解されている。図3(A)においても、図1(A)における場合と同様に、矢印4で示された集束イオンビ

ームを矢印5で示されているように走査しつつ照射し、欠陥領域3下に露出された基板1がエッチングされるとともに、イオン注入層7が形成される。このエッチングの際に、破線の矢印6で示されているようなフッ素系ガスや塩素系ガスなどのエッチング増速効果を有するガスをエッチング領域に導入することにより、ガスアシスト集束イオンビームエッチングを用いてもよい。

【0020】エッチングする深さは、基板1のエッチングされていない領域を通過する光とエッチングされた領域を通過する光の位相差が $\pi$  ( $180^\circ$ ) の奇数倍になるように設定される。

【0021】次に図3(B)に示されているように、矢印8で示されているような炭化水素系ガスや金属カルボニル系のガスなどのデポジションガスを集束イオンビーム4の走査領域に導入することにより、遮光膜10が形成される。ここで、集束イオンビーム4を走査する領域(すなわち、遮光膜10を形成する領域)は、欠陥領域3がないと仮定した場合の位相シフトパターン2の正しい境界から所定の距離11だけ欠陥領域の内側に向けて後退させられた位置からその欠陥領域を囲む位相シフト膜2の一部上に重ねられた領域である。このときの、オフセット量11は、エッジ強調型の位相シフト構造の条件を満たす値に設定される。しかし、位相シフト膜2の開口2aから隔てられて孤立している欠陥については、集束イオンビーム4を走査させる領域にこのようなオフセットを設ける必要はない。

【0022】デポジションガス8として炭化水素系ガスを用いた場合には炭素を主成分とする遮光膜10が形成され、金属カルボニル系ガスを用いた場合にはその成分金属を主成分とする遮光膜10が形成される。遮光膜10の厚さは、光を遮蔽するのに十分な厚さに設定される。なお、遮光膜10は、炭素イオンまたは金属イオンの集束イオンビームを用いて直接成膜することもできる。

【0023】遮光膜10は開口2aを通過した光と干渉しない不要な光を遮断するように働き、オフセット部11は開口2aを通過した光と干渉させる必要のある光を通過させるように働く。

【0024】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、位相シフトマスクの欠陥領域を通過する光の位相は主に集束イオンビームを用いた基板のエッチング深さによって修正され、その欠陥領域を通過する光の透過率は主に集束イオンビームを利用してその欠陥領域下に形成されたイオン注入領域または薄膜によって調節される。すなわち、本発明は、位相シフトマスクのパターン欠陥部を通過する光の位相と透過率を正常なパターン部分を通過する光と同様になるように、集束イオンビームを利用することによって正確に修正することができる。

【図面の簡単な説明】

7

8

【図1】本発明の一実施例による位相シフトマスクのパターン欠陥修正方法を図解する断面図である。

【図2】本発明のもう1つの実施例による位相シフトマスクのパターン欠陥修正方法を図解する断面図である。

【図3】本発明のさらにもう1つの実施例による位相シフトマスクのパターン欠陥修正方法を図解する断面図である。

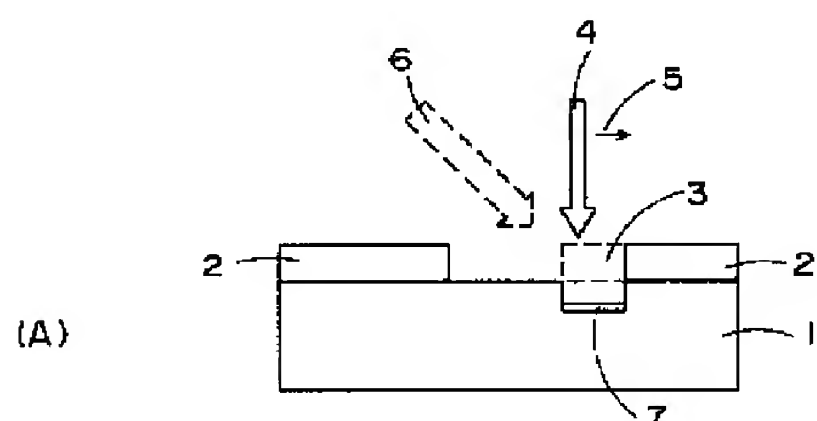
【図4】減衰型位相シフトパターンを有するフォトマスクに含まれる欠陥の一例を示す図である。

【図5】従来の位相シフトマスクのパターン欠陥修正方法を図解する断面図である。

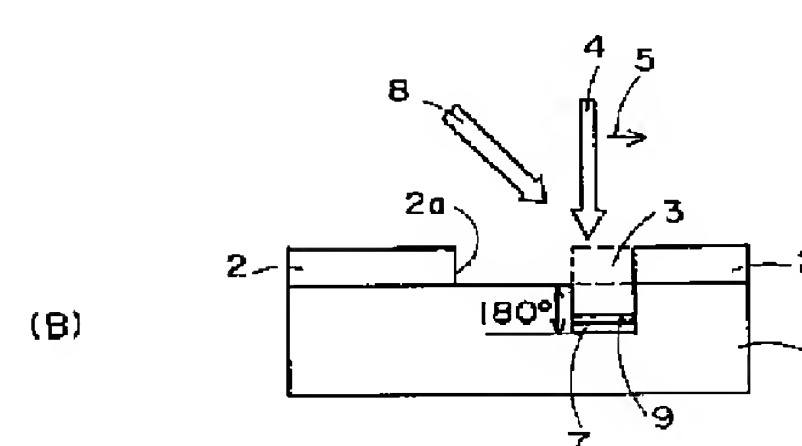
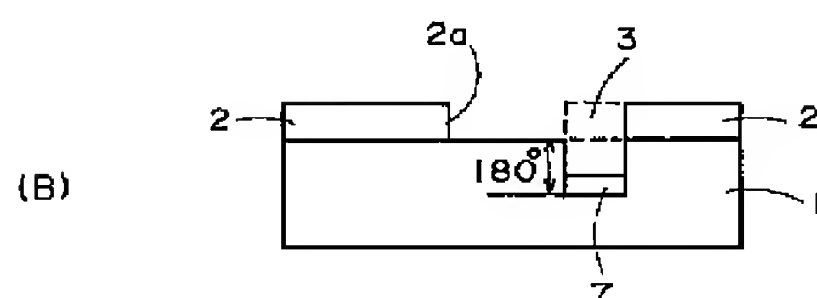
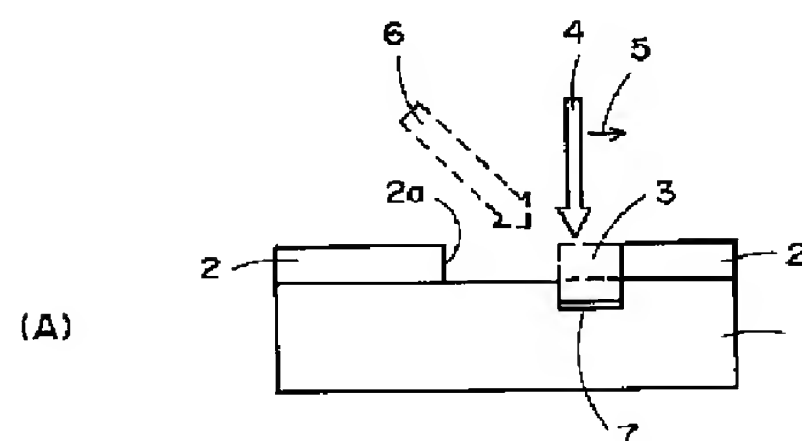
【符号の説明】

- |    |                 |
|----|-----------------|
| 1  | 透光性基板           |
| 2  | 減衰型位相シフトパターン    |
| 3  | 欠陥領域            |
| 4  | 集束イオンビーム        |
| 5  | 集束イオンビームの走査方向   |
| 6  | エッチング増速効果を有するガス |
| 7  | イオン注入層          |
| 8  | デポジションガス        |
| 9  | 薄膜              |
| 10 | 遮光膜             |
| 11 | オフセット量          |
| 12 | 遮光膜             |

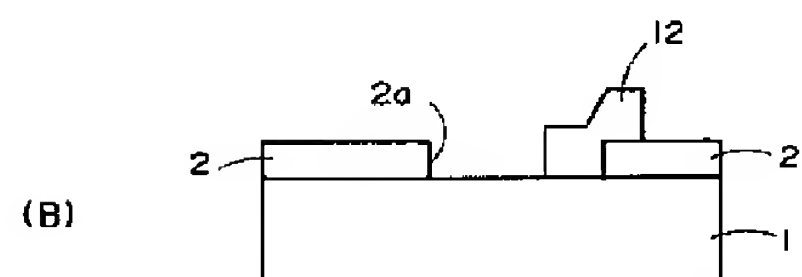
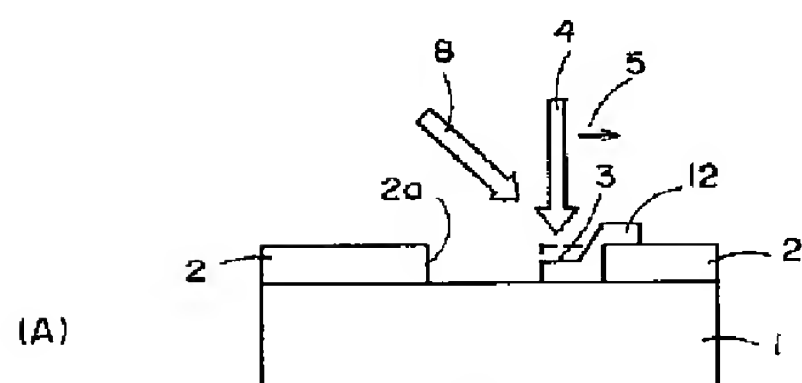
【図1】



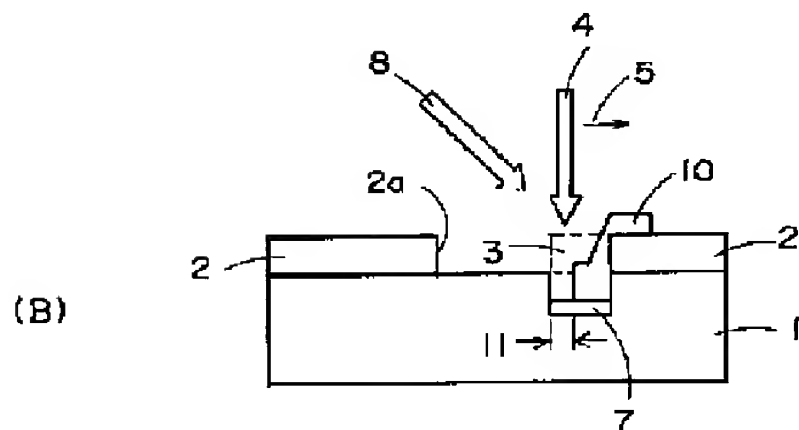
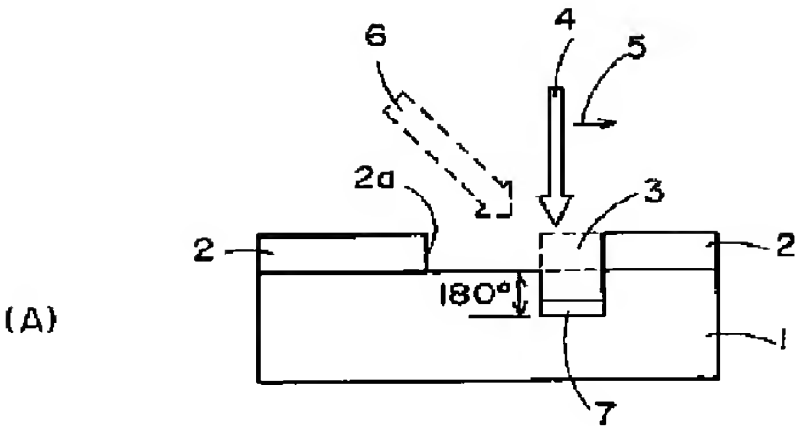
【図2】



【図5】



【図3】



【図4】

